
Utilisation de séquences vidéo pour la mise en évidence du raisonnement causal en physique

Using video clips to highlight causal reasoning in physics

Matthieu Dontaine et Jim Plumat



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/educationdidactique/2299>

DOI : 10.4000/educationdidactique.2299

ISSN : 2111-4838

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 30 septembre 2015

Pagination : 95-105

ISBN : 978-2-7535-4284-6

ISSN : 1956-3485

Référence électronique

Matthieu Dontaine et Jim Plumat, « Utilisation de séquences vidéo pour la mise en évidence du raisonnement causal en physique », *Éducation et didactique* [En ligne], 9-2 | 2015, mis en ligne le 30 septembre 2017, consulté le 10 décembre 2020. URL : <http://journals.openedition.org/educationdidactique/2299> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2299>

UTILISATION DE SÉQUENCES VIDÉO POUR LA MISE EN ÉVIDENCE DU RAISONNEMENT CAUSAL EN PHYSIQUE

*Matthieu Dontaine, université de Namur
Jim Plumat, université catholique de Louvain/université de Namur*

Le cinéma et les vidéos font partie de notre quotidien. Mais l'image vue sur l'écran dit-elle toujours la vérité ? Sur base de quels critères décide-t-on si ce que l'on voit est vrai ou non ? De par l'importance de son utilisation, nous pensons que l'éducation à l'image peut également passer par un cours de physique tout en permettant de clarifier son mode de pensée. Pour ce faire, nous avons fait visionner un clip vidéo à des étudiants de première année universitaire. Nous leur avons ensuite demandé d'expliquer ce qu'il voyait, par écrit, à la lumière de leurs connaissances. À partir des réponses, nous avons pu mettre en évidence différents types de raisonnements causaux pouvant être expliqués à la lumière de l'ontologie. Nous nous proposons de présenter la méthodologie utilisée ainsi que les principaux résultats obtenus.

Mots-clés : séquences vidéo, ontologie, physique, conflit sociocognitif, épistémologie.

Using video clips to highlight causal reasoning in physics

Motion pictures and video clips are part of our daily lives. But does the image seen on the screen always say the truth? On basis of which criteria do we decide if what we see is true or not? Due to the importance of its use, we think that the image education can also pass by a physics class while allowing to clarify its way of thinking. To study this question, we presented a video clip to university students of first year and we asked for a written explanation in the light of their knowledge. Based on their answers we were able to identify different types of causal reasoning which can be explained with the reference to ontology. We will present the methodology that we used and the main results obtained.

Keywords: video clips, ontology, physics, sociocognitive conflict, epistemology.

INTRODUCTION

Les jeunes de 15-19 ans et de 20-24 ans sont les plus gros consommateurs de cinéma. Selon une étude française, ils sont 88,3 % à fréquenter les salles de cinéma en 2010 (CNC, 2011). Le cinéma, mais aussi le monde de l'image, font partie intégrante de la vie quotidienne des jeunes. L'utilisation de séquences vidéo dans les cours peut donc permettre d'augmenter leur motivation. L'utilisation de séquences filmées permet de rencontrer un certain nombre des conditions énoncées par Viau (2000) afin de susciter la motivation chez les élèves lors d'une activité d'apprentissage. En effet, proposer aux étudiants une activité qui est signifiante à leurs yeux, c'est-à-dire qui correspond à leurs intérêts, permet d'augmenter leur motivation. De plus, l'analyse d'extraits de films ou de vidéos permet aux étudiants de relever un défi où ils doivent « mener leur enquête » afin de déterminer si la situation qui leur est proposée tient ou pas « la route ». Le défi et l'engagement cognitifs demandés aux élèves permettent eux aussi d'augmenter leur motivation.

Nous allons voir que, si présenter des séquences vidéo à des étudiants permet de susciter leur motivation, l'analyse de celles-ci n'est pas toujours aussi directe et simple. Afin d'analyser les raisonnements développés par les étudiants, nous avons choisi de leur proposer un extrait vidéo en relation avec l'hydrostatique dans lequel est introduit un élément perturbateur faisant appel au magnétisme.

ANALYSER DES EXTRAITS DE FILMS... PAS SI SIMPLE !

L'analyse de séquences extraites de films n'est pas chose aisée. En effet, celle-ci demande aux étudiants d'utiliser simultanément différentes compétences et savoirs afin de pouvoir porter un regard critique sur l'extrait.

Une difficulté qui apparaît d'emblée lorsque l'on analyse un extrait de film, est le nombre élevé d'informations (visuelles et auditives) qui sont fournies. La première étape du raisonnement demande donc au spectateur de retirer les données pertinentes de l'extrait. Afin de rendre compte de la complexité que peut revêtir une analyse de séquence vidéo pour des étudiants, nous allons analyser un extrait tiré du film « Charlie's Angels 2 ». Celui-ci concerne

l'hydrostatique et, plus particulièrement, la poussée d'Archimède. Dans l'extrait, on fournit au spectateur deux informations, l'une visuelle et l'autre auditive. Dans ce passage, les trois « drôles de dames » ont pour mission de récupérer deux bagues en titane parmi d'autres d'aspect identique en platine. Pressées par le temps, elles remplissent le bac contenant les bijoux avec du champagne et les deux bagues recherchées remontent à la surface (information visuelle). L'une des héroïnes précise que : « *L'objet flotte si la densité de l'objet est inférieure à celle de la substance dans laquelle il est plongé* » (information auditive). L'explication auditive est correcte ; en effet, pour qu'un objet remonte à la surface d'un liquide, il faut que sa densité soit inférieure à celle du liquide. Cependant, dans le cas présenté, la densité du titane est supérieure à celle du champagne, les bagues ne peuvent donc pas remonter à la surface ! Une explication plus détaillée de cet extrait a été réalisée précédemment (Dontaine, Zanotto, & Scieur-Verbist, 2008).

Dans cet exemple, il y a clairement contradiction entre le message visuel – faux – et le message oral – correct ! Or, il y a fort à parier que l'image, le message visuel, l'emporte largement sur le raisonnement énoncé. De plus, ce métal – le titane – n'étant pas couramment utilisé dans le quotidien, ouvre le champ de tous les possibles du spectateur. Dans quelle mesure un élément perturbateur (ici le titane) influence-t-il un raisonnement et peut-il faire apparaître la cause là où elle n'est pas ?

CADRE THÉORIQUE

Le raisonnement causal et le substantialisme placent les effets ou les causes de phénomènes observés au rang de substance matérielle. Le substantialisme fait ainsi référence à « l'obstacle substantialiste » de Bachelard (1938), pour qui le sens commun explique un phénomène en attribuant à une substance matérielle une propriété intrinsèque. Ainsi en est-il tout particulièrement du magnétisme, phénomène pour lequel la cause est longtemps restée mystérieuse voire « insaisissable ». Afin d'expliquer les phénomènes magnétiques, on fait appel à la notion de fluides : « *La cause particulière du phénomène [le magnétisme] se nomme fluide magnétique* » (Ducoin-Girardin, 1873). Le fluide magnétique est repris ici comme le « capital cause » stocké initiale-

ment dans un objet. Ainsi pour expliquer l'existence de deux pôles différents et l'impossibilité d'isoler ceux-ci, l'auteur ajoute que « *Le fluide magnétique se partage donc en deux parties. [...] Or, l'expérience a fait connaître qu'il existe bien réellement deux fluides distincts.* » On peut retrouver la même logique dans des raisonnements souvent utilisés en dynamique pour interpréter le mouvement d'un objet. Il y a, dans l'objet lui-même, stockage de l'impulsion initiale, ce qui permet à une cause antérieure de rester une raison du mouvement ou de non chute à un instant donné (Viennot, 1996).

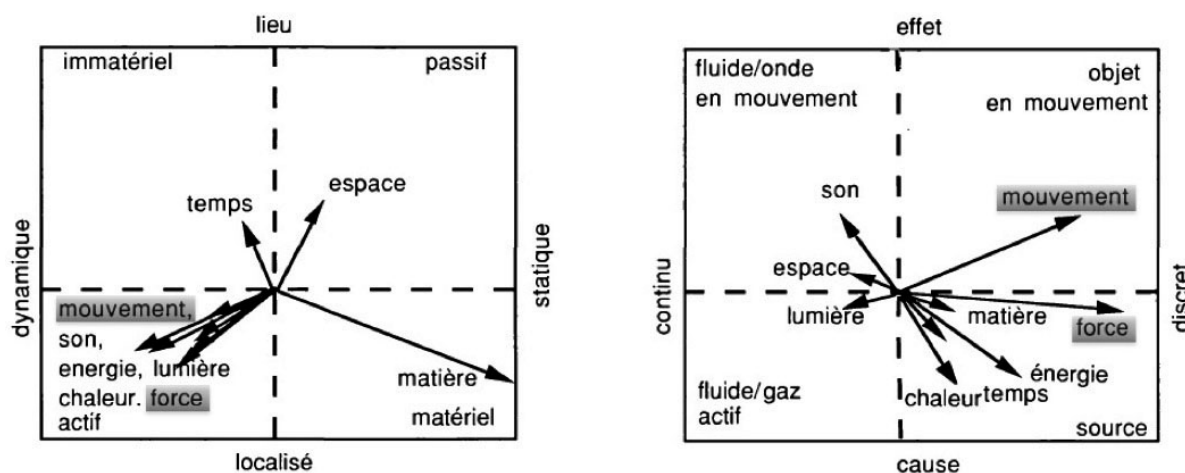
Bachelard met également en avant l'obstacle qui consiste en l'utilisation abusive des images familières. Par exemple, la notion d'éponge ayant la possibilité d'absorber une certaine quantité d'eau (fluide) permet à certains auteurs d'expliquer la capacité qu'a le fer de se magnétiser. Le fer acquiert alors les propriétés d'une éponge et est capable d'absorber du fluide magnétique. Bachelard (1938) cite ainsi J.H. Van Swinden (1785, p. 74) : « *De même qu'une éponge transporte l'eau par toute sa masse et en quantité d'autant plus considérable que son volume est plus grand, de même le fer, qui a le plus de masse ou de volume, paraît attirer ou soutirer (abducere) une plus grande quantité de fluide que le fer d'un moindre volume.* » Dès lors, plus le volume de fer est grand, plus la quantité de fluide magnétique qu'il pourra absorber sera grande.

Le raisonnement causal en sciences et en physique, en particulier, qui permet d'assimiler les pouvoirs causaux aux propriétés intrinsèques d'un objet ou d'un événement et d'ainsi matérialiser la cause, a été étudié par un certain nombre de chercheurs (Piaget, 1936 ; Mariani & Ogborn, 1991 ; Chi & Slotta, 1993). Il est souvent utilisé, tant par les enfants que par les adultes. Le modèle causal (Gutierrez, & Ogborn, 1992) est essentiellement construit sur deux principes de causalité. Le premier est un principe dit de *proximité* dans le sens où la cause doit être structurellement proche de l'effet et,

le second, un principe d'*asymétrie* ou d'ordre pour lequel la cause doit toujours précéder l'effet. Ce dernier principe construira les séquences données par les relations causales. Trois principes supplémentaires sont parfois ajoutés (Bunge, 1959) ; le principe de *productivité* selon lequel un effet est toujours produit par une cause ; le principe de *constance* qui dit que s'il y a une cause, un effet doit invariablement suivre ; et enfin le principe d'*unicité* qui stipule que la même cause produira toujours le même effet. Suite à une remise en question cognitive et face à une reconstruction personnelle d'un modèle, les élèves et étudiants privilégient souvent les principes de proximité et d'unicité tout en s'imposant une consistance interne cohérente, de manière à éviter les contradictions.

Dans l'étude sur l'origine du raisonnement lié au sens commun, certains chercheurs (Chi, 2001, 1992 ; Chi & Slotta, 1995 ; Mariani & Ogborn, 1990 ; Ogborn, 1993) suggèrent que les humains divisent le monde en catégories *ontologiques* à partir desquelles ils l'organisent et le comprennent. Parmi celles-ci, le caractère dynamique (vs. statique), la causalité (vs. l'effet), les caractères discrets (vs. continus) et localisé (vs. étendu) apparaissent comme des dimensions fondamentales. Parmi ces chercheurs, Ogborn a mis en évidence que certaines dimensions apparaissent récurrentes et semblent constituer un « espace ontologique » (voir figure 1) dans lequel des enfants et des adolescents placent les phénomènes ou les entités conceptuelles. Comme on peut l'observer sur la figure 1, le mouvement et la force sont tous deux considérés comme des entités dynamiques et localisées (dans le coin inférieur gauche de la figure de gauche) mais distinguées comme cause et conséquence (dans la figure de droite). Ainsi donc la cause du mouvement, la force, et l'effet, le mouvement lui-même correspondant, apparaissent *ontologiquement* proches. Par contre, si la force apparaît comme une cause du mouvement, ce dernier est bien considéré comme un effet.

Figure 1. L'espace ontologique d'Ogborn est constitué d'un certain nombre de dimensions. La force et le mouvement, bien que distingués comme cause et conséquence ont des mêmes caractéristiques : dynamique et localisé (nous les avons surlignés – schémas tirés de Ogborn – 1993).



Pour Newton, à la différence des apprenants pour lesquels le mouvement est le paradigme de l'effet sur la cause, le mouvement et la force ne sont pas ontologiquement proches. De fait, pour Newton, un mouvement peut exister sans cause, au contraire de l'idée que se font les apprenants sur le mouvement ! Certains étudiants semblent ainsi présenter cette difficulté de comprendre le statut ontologique de la force comme concept en physique. En conséquence, pour les éléments ontologiquement proches, c'est-à-dire proches dans l'espace ontologique, il y a isomorphisme dans les propriétés des éléments.

Concernant l'attraction magnétique, Mariani et Ogborn (1995 ; Ogborn, 1993) montrent que celle-ci est, entre autres pour des élèves de 14 à 16 ans, ontologiquement proche d'une réaction chimique car les deux phénomènes sont considérés tous les deux comme changement d'une entité localisée. Par contre, ces deux mêmes phénomènes sont distingués : l'un, l'attraction magnétique, est clairement identifiée comme une cause et l'autre, la réaction chimique, comme un effet. Cette proximité ontologique entre effet magnétique et réaction chimique sera clairement observée à travers les réponses fournies lors de l'étude exploratoire. Nous suspectons également une proximité ontologique entre les liquides (l'eau) et le champ magnétique (fluide magnétique).

HYPOTHÈSE

En rapport avec ce cadre théorique, nous formulons l'hypothèse qu'un clip vidéo présentant une expérience de physique où une proximité ontologique des éléments présents, via un élément perturbateur n'ayant pas de lien direct avec le phénomène observé, peut induire un raisonnement causal biaisé.

MÉTHODOLOGIE

Nous avons demandé à des étudiants d'interpréter la situation présentée dans un clip vidéo contenant un élément perturbateur. Dans cette vidéo, un récipient partiellement rempli d'eau est déposé sur le plateau d'une balance électronique. On approche premièrement un aimant droit d'une boussole afin d'observer que le barreau est aimanté et fait dévier une boussole. Ensuite, on immerge de quelques centimètres, un pôle de l'aimant dans l'eau (sans toucher le fond ni les parois). Lors de l'introduction de l'aimant, l'indication de la balance augmente progressivement pour se stabiliser quand on arrête d'enfoncer l'aimant. Enfin, l'aimant est retiré du récipient et l'indication de la balance diminue.

Figure 2. Pour ce clip vidéo, l'expérience est relative à la poussée d'Archimède. On demande aux spectateurs d'expliquer en quoi l'introduction d'un aimant dans un récipient rempli d'eau peut augmenter l'indication d'une balance sur lequel il est placé.



Afin de comprendre cette expérience, il faut se rappeler qu'une balance est un dynamomètre et que la variation de l'indication doit être interprétée comme une variation de la force sur le plateau. Rappelons qu'un objet immergé dans un liquide subit de la part de ce dernier une poussée verticale (poussée d'Archimède) dirigée de bas en haut dont le module est égal au poids du volume de liquide déplacé. Dans la vidéo présentée, l'aimant est progressivement enfoncé dans le liquide, le volume immergé de celui-ci augmente. Donc, la poussée d'Archimède augmente elle aussi, lorsque l'aimant est plongé dans le liquide. Or, la troisième loi de Newton, le principe des actions réciproques, indique que tout corps exerçant une force sur un second subit de la part de celui-ci une force d'intensité égale, de même direction mais de sens opposé. Dans notre cas, l'eau exerce une force sur l'aimant (la poussée d'Archimède), cette force est verticale et dirigée vers le haut. Simultanément, l'aimant exerce sur l'eau une force de même intensité, de même direction mais de sens opposé sur l'eau. Nous appellerons cette force la réciproque de la poussée d'Archimède. Dès lors, lorsque l'on plonge l'aimant dans l'eau, la force exercée sur le plateau de la balance

est donc la somme du poids du système béccher/eau et de la réciproque de la poussée d'Archimède. La nature de l'objet plongé dans le liquide n'intervient donc pas dans l'augmentation de l'indication de la balance. Remarquons cependant que, si le plateau de la balance est constitué d'une matière ferromagnétique, celui-ci pourrait être attiré par l'aimant, ce qui se traduirait alors par une légère diminution de l'indication de la balance.

Laurence Viennot (2011) a étudié une variante de cette expérience en plongeant dans le récipient non pas un aimant mais une boule de pâte à modeler. Elle relève que 80 % des étudiants disent que le plateau de la balance reste à la même hauteur lorsque l'on plonge un objet dans le liquide et donc que l'indication de la balance ne change pas. Afin d'expliquer l'erreur commune, elle relève plusieurs hypothèses. La première est qu'un objet exerce toujours son poids sur son support, via un contact. La seconde est la non application de la loi des actions réciproques. Finalement, en utilisant la vision en termes « d'agent-patient » définie par Andersson (cité par Viennot, 2011), on peut remarquer que, lorsque l'on parle de la poussée d'Archimède, l'eau est considérée

comme un « agent » qui agit sur l'objet immergé (le « patient »). Remarquons également qu'à propos de la poussée d'Archimède, on insiste souvent sur la diminution du poids apparent des objets immergés. On comprend dès lors que l'expérience proposée (où la masse indiquée par la balance augmente) peut être considérée comme contre-intuitive par les étudiants.

ÉLABORATION DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire est constitué de trois parties. Dans la première partie, il est demandé aux étudiants d'expliquer l'augmentation de l'indication de la balance. La seconde partie est constituée de 9 questions de type « vrai ou faux » et cherche à faire expliciter les paramètres pouvant influencer l'expérience (ces questions sont reprises figure 3).

La troisième partie (5 questions de type « vrai ou faux ») permet de vérifier la cohérence du raisonnement tenu par les étudiants en recoupant les questions. Toutes ces questions ont été choisies à partir des réponses fournies par des étudiants lors d'un pré-test.

LE PUBLIC

Dans cette recherche exploratoire, la vidéo a été présentée et analysée par un groupe de 250 étudiants en première année universitaire en sciences biomédicales. Il leur a été demandé de répondre au questionnaire. Il s'agissait pour eux, d'une part, d'expliquer le phénomène présenté dans la vidéo (question ouverte) et d'autre part, de répondre aux questions de type « vrai ou faux ». Cette activité faisait suite à un cours de physique où l'hydrostatique avait été abordée.

RÉSULTATS

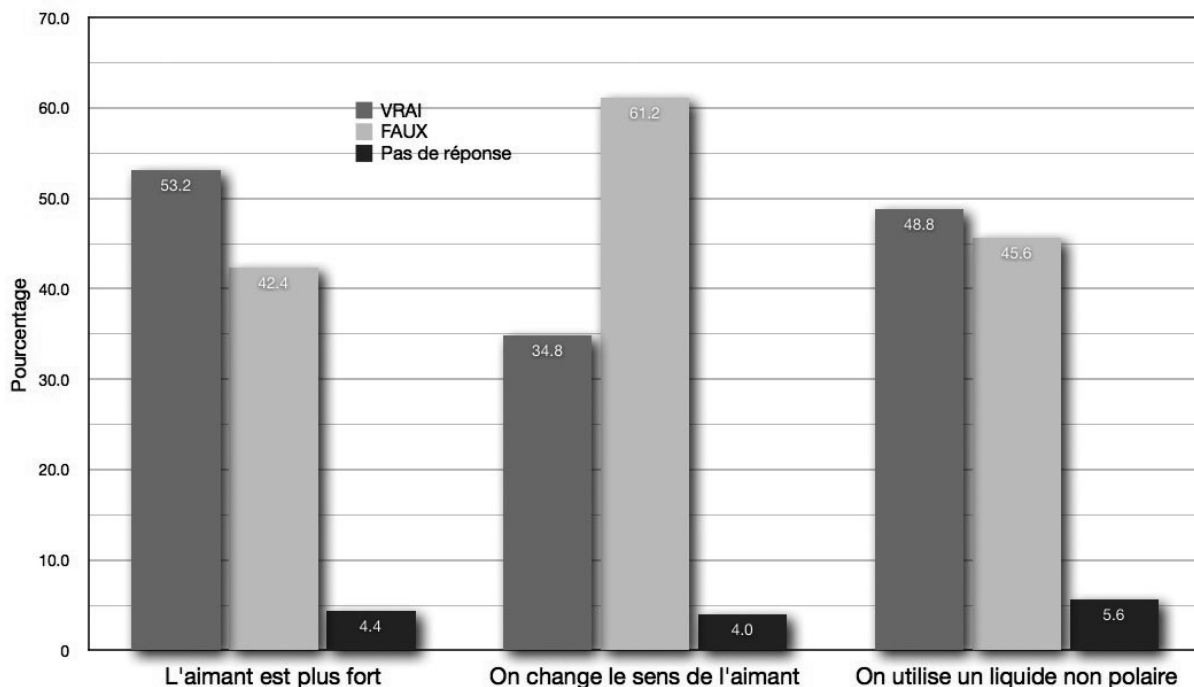
Au vu des résultats, nous pouvons premièrement remarquer qu'une majorité des étudiants interrogés établissent un lien causal entre les propriétés magnétiques de l'aimant et l'augmentation de l'indication de la balance. Ainsi 53,2 % disent qu'il y aura une variation de l'indication si l'on utilise un aimant plus puissant et ils sont 34,8 % à affirmer qu'il y aura une variation si on change le sens de l'aimant. Un peu moins de la moitié des étudiants (48,8 %) établissent quant à eux un lien avec la nature polaire ou non du liquide contenu dans le récipient (voir figure 4).

Figure 3. Vrai ou faux présentés aux étudiants (seconde partie du questionnaire).

2. Toute chose étant égale par ailleurs, l'augmentation donnée par l'indication de la balance **variera** si (cochez la case qui convient) :

	Vrai	Faux
2.1 L'aimant est plus fort	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2 Le volume d'eau est différent	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3 On prend un liquide de densité différente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4 On fait l'expérience sur la Lune	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5 On change le sens de l'aimant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.6 Le récipient a une forme différente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.7 On utilise un autre type de balance (mécanique)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.8 On utilise un liquide non polaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.9 Le volume de l'aimant enfoncé est différent	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 4. Pourcentage des réponses fournies par les étudiants quant au rôle de l'aimant et de la nature du liquide dans l'augmentation de l'indication de la balance.



Il est également intéressant de remarquer que 18,0 % des étudiants signalent que la masse d'eau contenue dans le récipient varie réellement. On pourrait donc y voir l'idée que l'image (la masse indiquée sur la balance) l'emporte sur le raisonnement en niant, ici, le principe de conservation de la masse.

L'analyse des réponses fournies dans les questions ouvertes nous a permis de déterminer quatre types de raisonnement. Ces raisonnements ont été définis en fonction de l'importance causale donnée au caractère magnétique de l'aimant. Les deux premiers raisonnements font directement référence au magnétisme. Dans les deux derniers raisonnements, le caractère magnétique de l'aimant n'intervient pas directement dans les explications. Ils se basent sur le volume d'eau déplacé (poussée d'Archimède, actions réciproques...).

Dans le premier type de raisonnement (noté type I par la suite), les étudiants expliquent l'augmentation de l'indication de la balance par une interaction de type magnétique entre l'aimant et le plateau de la balance ou l'électronique de la balance. Ci-dessous un exemple de réponse :

« L'augmentation de l'indication de la balance est due à une attraction de l'aimant avec la balance magnétique. »

Dans le second type de raisonnement (noté type II), les étudiants indiquent que l'aimant agit sur les propriétés physiques (et chimiques ?) de l'eau et modifie l'indication de la balance. Ci-dessous quelques extraits de réponses fournies par les étudiants :

« Des ions positifs de l'aimant ont donné des protons à l'eau ce qui change totalement la molécule et donc son poids atomique. »

« L'eau est constituée d'ions H^+ , OH^- . C'est un liquide polaire. Le pôle nord de l'aimant va repulser les ions H^+ . »

On retrouve, à travers ces deux exemples de réponse, la proximité ontologique présentée antérieurement où l'interaction magnétique de l'aimant est vue comme la cause du changement « chimique » de l'eau.

Dans le troisième type de raisonnement (noté type III) l'aimant, en tant qu'objet, agit sur l'eau (action mécanique et non magnétique). Il va pousser sur l'eau, faire augmenter la pression. Certains étudiants ne parlent pas de pression dans leur raisonnement mais vont indiquer que l'eau « appuie » sur la balance. Ci-dessous un exemple de réponse :

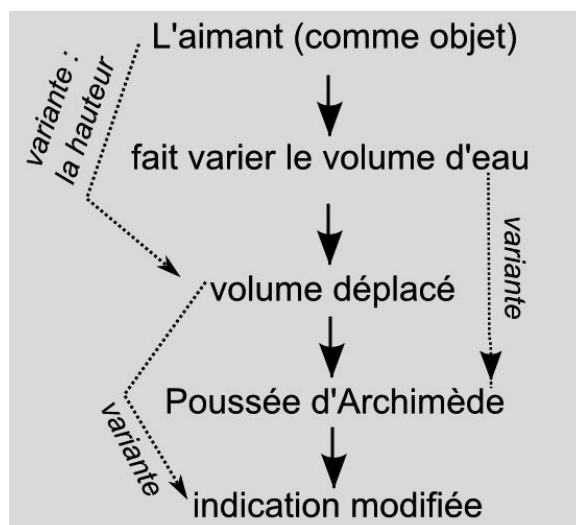
« Comme l'aimant prend la place de l'eau, la hauteur de l'eau augmentera, la pression sera donc plus forte. »

Le dernier type de raisonnement (type IV) fait de nouveau intervenir l'aimant en tant qu'objet faisant varier le volume, c'est-à-dire la hauteur d'eau. Les étudiants parlent de la poussée d'Archimède. Ci-dessous un exemple de réponse :

« Il y a quand même en plus le poids du volume déplacé en plus à savoir la poussée d'Archimède. »

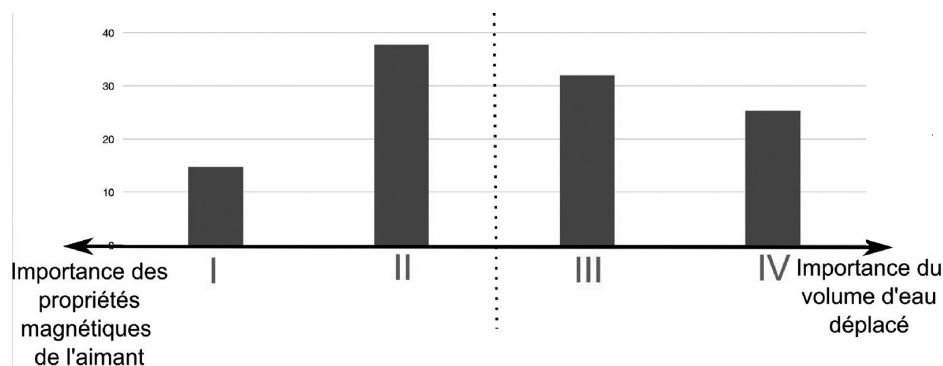
On retrouve dans ce dernier type de raisonnement plusieurs variantes d'explications qui ont été reprises dans la figure ci-dessous (figure 5).

Figure 5. Le raisonnement de type IV comporte différentes variantes.



Nous avons utilisé 225 réponses sur les 250 initialement disponibles du fait qu'un certain nombre de réponses étaient inutilisables (pas de réponse, incohérences...). Les quatre types de raisonnement sont repris dans le schéma ci-dessous.

Figure 6. Le dépouillement des questionnaires fait apparaître quatre types de raisonnement causal (en ordonnée le pourcentage d'étudiants ayant utilisé le raisonnement).



Le raisonnement de type II expliquant la variation de l'indication de la balance par une interaction de type magnétique entre l'aimant et l'eau est le plus présent dans les réponses fournies par les étudiants (37,8 %).

Dans le tableau ci-dessous (tableau 1), nous avons repris tous les raisonnements utilisés par les étudiants. Il est intéressant de remarquer que la plupart des étudiants n'utilisent qu'un seul type de raisonnement dans leurs explications (voir diagonale). Le tableau permet également de relever le nombre d'étudiants qui font intervenir deux types de raisonnement dans leur explication (par exemple, on peut remarquer qu'un seul étudiant fait intervenir à la fois un raisonnement de type I et IV).

Tableau 1. Types de raisonnements utilisés par les étudiants dans leurs explications.

	I	II	III	IV
I	28	2	2	1
II		70	9	4
III			57	4
IV				48

ANALYSE DES RÉSULTATS

Le caractère magnétique de l'aimant, l'élément perturbateur, ne devrait pas intervenir dans l'explication du phénomène. Cependant, la majorité des étudiants l'utilisent dans leurs explications. Selon Peirce (cité dans Umberto Eco, 1970), tout signe peut correspondre à un phénomène de communication visuelle et l'auteur définit l'indice comme étant « *quelque chose qui attire l'attention sur l'objet indiqué par une impulsion aveugle par rapport à un système de conventions ou à un système d'expériences apprises* ». Dans notre vidéo, l'indice est clairement l'aimant et ceci peut expliquer qu'un nombre important d'étudiants se sent obligé d'utiliser les propriétés magnétiques de l'aimant dans les explications apportées.

Comme nous l'avons souligné précédemment, si le plateau de la balance est constitué d'une matière ferromagnétique, celui-ci pourrait être attiré par l'aimant. Ceci se traduirait par la diminution de l'indication de la balance. Or les étudiants utilisant le raisonnement du premier type, parlent bien d'attraction entre le plateau et l'aimant mais, pour eux, ceci se traduit par une augmentation de l'indication de la balance.

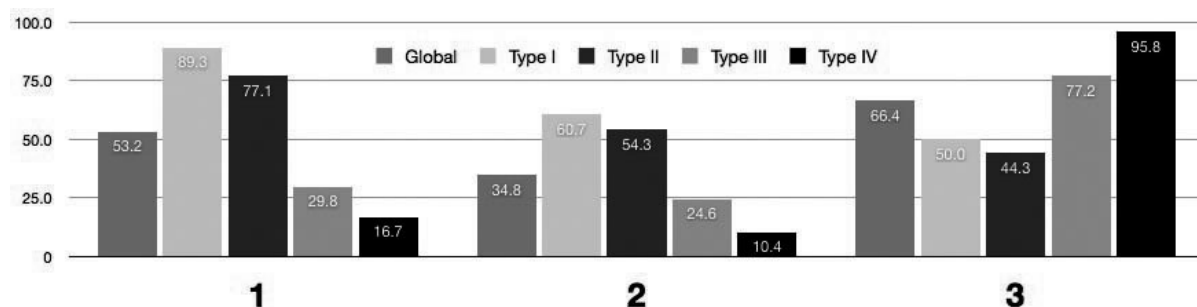
Dans leur raisonnement, les étudiants font apparaître un lien de causalité erroné entre l'aimant et l'augmentation de l'indication de la balance. On retrouve, dans le raisonnement des étudiants, le schéma prototypique de la relation causale directe (« *La Gestalt expérimentielle de la causalité* ») définie par Lakoff et Johnson (cité dans Ogborn 1993). Dans ce schéma, un agent (l'aimant) agit sur un patient (le plateau de la balance). L'agent a pour but un changement perceptible du patient (changement de l'indication de la balance). Dans ce raisonnement, il y a un seul agent et un seul patient.

Le principe de proximité du raisonnement causal semble ici bien présent dans les analyses fournies par les étudiants. En effet, l'aimant est majoritairement considéré comme la cause première de l'augmentation de l'indication de la balance. De fait, 53,2 % des étudiants interrogés indiquent que l'augmentation de l'indication de la balance sera plus importante en utilisant un aimant plus puissant.

Cependant, nous ne pouvons pas écarter l'influence d'un contrat didactique (Brousseau, 2010). Celui-ci définit de manière implicite les obligations réciproques et les « sanctions » que l'enseignant et l'étudiant imposent ou croient imposer à l'autre et celles qu'on leur impose ou qu'ils croient qu'on leur impose. En effet, les expériences proposées lors des cours ou dans les vidéos sont généralement conçues afin de ne présenter que les paramètres influençant l'expérience. La vidéo présentée dans notre cas va à l'encontre du contrat didactique et peut donc être un obstacle pour les étudiants. L'utilisation de tous les éléments présentés dans la vidéo est non sans rappeler le problème de *l'âge du capitaine* où les élèves produisent une réponse à partir des données fournies. Ce type de réponse peut donc être expliqué par le contrat didactique existant entre les élèves et l'enseignant. En effet, ce dernier ne pose habituellement pas de question absurde donc, les élèves proposent une réponse à la question en mobilisant leurs connaissances et leur logique.

Dans la figure suivante (figure 7), nous avons indiqué les réponses fournies par les étudiants à trois des questions. Pour chacune de celles-ci, nous avons indiqué le pourcentage d'étudiants ayant répondu « vrai » et ceci pour tous les types de raisonnement.

Figure 7. Pourcentage d'étudiants ayant répondu « vrai » aux items suivants : (1) l'indication variera si l'aimant est plus fort, (2) l'indication variera si on change le sens de l'aimant et (3) il y aura également une variation de l'indication si on y plonge un autre objet (un crayon par exemple).



On peut remarquer que les étudiants ne fournissent pas toujours une réponse cohérente avec les explications qu'ils ont données à la question ouverte. Par exemple, pour les questions 1 et 2 ci-dessus, un pourcentage non négligeable d'étudiants faisant référence aux raisonnements de type III et IV (ne faisant pas appel aux propriétés magnétiques de l'aimant) signalent, malgré tout, que la puissance et le sens d'utilisation de l'aimant peuvent intervenir dans la variation de l'indication donnée par la balance. Pour la question 3 ci-dessus, un fort pourcentage d'étudiants qui suivent le raisonnement de type I (50,0 %) ou II (44,3 %), indique paradoxalement qu'un autre objet (non magnétique) produirait également une variation de l'indication.

Enfin, nous pouvons voir que la majorité des étudiants n'utilise pas les connaissances présentées précédemment au cours. Ceci a également été relevé dans une étude récente (Bagheri et Venturini, 2006) dans laquelle des étudiants de fin de parcours universitaire sont interrogés sur des phénomènes électromagnétiques. Les auteurs relèvent que, la plupart du temps, les étudiants utilisent des éléments conceptuels abordés dans le secondaire et pas ceux abordés à l'université. Les représentations elles-mêmes semblent résister à l'enseignement supérieur. Une étude de Giordan et De Vecchi (1987) indique que l'on trouve les mêmes représentations chez les personnes ayant suivi un enseignement que celles retrouvées chez ceux n'ayant pas participé à l'enseignement (même chez les étudiants universitaires). Tardif (1992) souligne également que l'on peut relever une prédominance des conceptions spontanées sur les conceptions scientifiques. Le savoir se construisant graduellement, il faut que les étudiants

fassent des liens entre ce qu'ils connaissent et ce qu'ils apprennent. Il est donc important que l'enseignement tienne compte des connaissances antérieures des apprenants pour éviter que celles-ci ne prennent le pas sur les nouvelles connaissances.

CONCLUSION

Nous avons montré que l'analyse d'une séquence vidéo ou d'un extrait de film n'est pas une chose aisée. Dans cette recherche exploratoire, nous avons demandé à des étudiants de première année universitaire d'expliquer une expérience d'hydrostatique faisant intervenir un élément perturbateur (aimant). La proximité ontologique entre l'interaction magnétique et la réaction chimique déjà mise en évidence antérieurement, semble ici également confirmée. Le champ magnétique est vu comme la cause d'un changement de nature de l'eau responsable de la variation donnée par l'indication de la balance. L'analyse des réponses fournies par les étudiants nous a permis également de déterminer quatre types de raisonnements causaux où l'effet magnétique de l'aimant est plus ou moins pris en compte. Le taux de réponse le plus important fait ainsi référence à l'interaction entre l'aimant et la nature de l'eau, le taux de réponses correctes étant marginal.

Cette recherche exploratoire est susceptible d'ouvrir un champ de recherche prometteur. L'élaboration d'un référent théorique permettant l'analyse de séquences vidéo où des éléments ontologiquement proches peuvent induire des raisonnements causaux erronés ou biaisés, constituera la suite de cette étude.

RÉFÉRENCES

- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bagheri, R., & Venturini, P. (2006). Analyse du raisonnement d'étudiants utilisant les concepts de base de l'électromagnétisme. *Didaskalia*, 28, 33-53.
- Brousseau, G. (2010). *Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques*. Repéré à <http://guy-brousseau.com/biographie/glossaires>
- Bunge, M. (1959). *Causality. The place of the Causal Principle*. Dans *Modern Science*, Harvard University Press, Cambridge.
- Chi, M.T.H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories : examples from learning and discovery in science. Dans R. Giere (dir.), *Cognitive models of science*. University of Minnesota Press.
- Chi, M.T.H. (2001). Learning from human tutoring. *Cognitive Science*, 25(4), 471-534.
- Chi, M.T.H., & Slotta, J. D. (1993). The ontological coherence of intuitive physics. *Cogn. Instruct.* 10, 249.
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D., & Joram, E., (1995). Assessing students' Misclassifications of Physics Concepts : An Ontological Basis for Conceptual Change. *Cognition and Instructions*, 13(3), 73-400.
- CNC (2012). *Évolution du public des salles de cinéma*. CNC : France.
- Dontaine, M., Zanotto, L., & Scieur-Verbist, Y. (2008). Physique & cinéma « Charlie's Angels 2 », *Bulletin de l'ABPPC*, 46(179), 119-122.
- Ducoin-Girardin (1873). *La physique et ses applications les plus curieuses* (8^e éd., 1^{re} éd. : 1841). Alfred Mame et Fils.
- Eco, U. (1970). Sémiologie des messages visuels. *Communications*, 15, 11-51.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir*. Neuchatel : Delachaux.
- Gutierrez, R., & Ogborn, J. (1992). A causal framework for analysing alternative conceptions, *Int. J. Sci. Educ.* 14 (2), 201-220.
- Mariani, M.C., & Ogborn, J., (1990). Common-sense reasoning about conservation : the role of action, *Int. J. Sci. Educ.*, 12(1), 1-66.
- Mariani, M.C., & Ogborn, J. (1991). Towards an common-sense reasoning, *Int. J. Sci. Educ.*, 13(1), 69-85.
- Mariani, M.C., & Ogborn, J. (1995). The ontology of physical events : a comparison of two groups, *Int. J. Sci. Educ.*, 17(5), 643-661.
- Ogborn, J. (1993). Approches théorique et empirique de la causalité. *Didaskalia*, 1, 29-67.
- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique. L'apport de la psychologie cognitive*. Montréal : Logiques Écoles.
- Viau, R. (2000). Des conditions à respecter pour susciter la motivation des élèves. *Correspondance*. 5(3), 2-4.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique*. De Boeck : Bruxelles.
- Viennot, L. (2011). *En physique, pour comprendre*. Les Ulis : EDP Sciences.